الثابت النسبي لتقدير قيم الجيل الثاني لهجن ثلاثية وزوجية للذرة الصفراء

مصطفى جمال الخفاجي مدحت مجيد الساهوكي
قسم علوم المحاصيل الحقلية – كلية الزراعة \ جامعة بغداد

المستخلص..

نفذت تجربة حقلية في حقول قسم علوم المحاصيل الحقلية التابع لكلية الزراعة – جامعة بغداد للموسمين الربيعي والخريفي 2009 و 2010 . كان هدف البحث تحديد قيم الثابت النسبي لصفات الجيل الثاني للهجن الثلاثية والزوجية للذرة الصفراء . استخدمت عشر سلالات من الذرة الصفراء وتم خلال الموسمين الربيعي والخريفي 2009 التضريب بين هذه السلالات بهدف الحصول على الهجن الثلاثية والزوجية ، و اختيرت عشرة هجن من كل مجموعة للدراسة . تم خلال الموسم الربيعي 2010 إجراء التلقيح الداخلي للهجن بهدف الحصول على انعزالاتها (F_2) . زرعت بذور الهجن الثلاثية و الزوجية مع آبائها وانعزالاتها (F_2) خلال الموسم الخريفي 2010 وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة بأربعة مكررات . أشارت النتائج إلى عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات صفات الجيل الثاني ($\bar{F}_2$) الفعلي و المحسوب بمعادلة الثابت النسبي و المحسوب بالمعادلة التقليدية لكافة الصفات ، الا ان المعادلة التقليدية فشلت في تحقيق تقدير تام لقيم ($\bar{F}_2$) للمساحة الورقية ، إذ اختلفت معنوياً مع كل من ($\bar{F}_2$) الفعلية و ($\bar{F}_2$) المحسوبة بمعادلة الثابت النسبي . كذلك اختلفت الهجن في قيمة الثابت النسبي باختلاف الصفات وعدد الآباء حيث كانت قيمة الثابت النسبي لوزن حبوب النبات هي (0.556) و (0.576) و لوزن الحبة (0.516) و (0.521) ولعدد حبوب العرنوص (0.554) و(0.571) ولصفوف العرنوص (0.502) و (0.509) و لمجموع المادة الجافة للنبات (0.541) و (0.553) و للمساحة الورقية (0.495) و (0.508) للهجن الثلاثية والزوجية ، بالتتابع . عليه ،يستنتج من هذا البحث إن اعتماد الثابت النسبي و متوسط الصفة للإباء ($\bar{P}$) والهجين ($\bar{F}_1$) للتنبؤ بقيمة ($\bar{F}_2$) لوزن حبوب النبات و وزن الحبة وعدد حبوب العرنوص وعدد صفوف العرنوص و مجموع المادة الجافة والمساحة الورقية للنبات هي دقيقة في الحساب بعد التحقق منها فعلياً من القيم المتحصل عليها وعن طريق مقارنتها مع معادلة Wright. ونوصي باعتماد المعادلة [$\bar{F}_2 = \chi(\bar{F}_1 + \bar{P})$] في التنبؤ بحساب قيم ($\bar{F}_2$) للصفات المذكورة في الهجن الثلاثية والزوجية ، وكذلك المعادلة [$\bar{P} = (\bar{F}_2 / \chi) - \bar{F}_1$] للتنبؤ بمعدل ($\bar{P}$) التي نتجت منها الهجن المجهولة الآباء و المعادلة [$n=(\bar{F}_1- \bar{P}) - (\bar{F}_1- \bar{F}_2)$] للتنبؤ بعدد اباء الهجين (n) التي نتجت منها .

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences 42 (2):١- 9,2011 Al-Khafajy & Elsahookie.

THE RELATIVE CONSTANT TO ESTIMATE $\bar{F}_2$ OF 3–WAY AND DOUBLE CROSSES OF MAIZE

Mustafa J. Al-Khafajy Medhat M. Elsahookie
Dept. of Field Crop Sci. / Coll. of Agric./Uni. of Baghdad

ABSTRACT

A field experiment was conducted at the field of the Dept. of Field Crop Sci. / College of Agriculture / University of Baghdad . The objective was to determine the values of relative constant of three – way and double crosses of maize . Ten inbreds were used and crossed during spring and fall seasons of 2009 to produce three - way and double crosses , and ten hybrids were taken from each group . The ten hybrids were grown and selfed during spring 2010 to produce F_2 seed . Three way and double crosses were sown with their parents and F_2 seed during fall 2010 in RCBD with four replicates . Leaf area , total dry matter , row/ear , grain/ear , grain weight and grain weight/plant of hybrids , parents and F_2 plants were taken . Results showed that the relative constant obtained was applicable to estimate $\bar{F}_2$ of hybrids . However , leaf area was different in values of $\bar{F}_2$, as compared to that observed in the field . The relative constant values were different as trait and parent number of crosses differ . The obtained relative constant of grain weight/plant was (0.576) and (0.556) , grain weight (0.521) and (0.516) , grain /ear (0.571) and (0.554) , raw / ear (0.509) and (0.502) , total dry matter . plant $^{-1}$ (0.553) and (0.541) and leaf area (0.508) and (0.495) in three way and double crosses , respectively . It was concluded that the application of relative constant , to predict parent means ($\bar{P}$), $\bar{F}_2$ and parent number (n) was fit as compared to Wright's equation [$\bar{F}_2 = \bar{F}_1 - (\bar{F}_1 - \bar{P})/n$] . Accordingly , it was recommended to use the formula [$\bar{F}_2 = \chi(\bar{F}_1 + \bar{P})$] to predict $\bar{F}_2$ of hybrids , [$\bar{P} = (\bar{F}_2 / \chi) - \bar{F}_1$] to predict $\bar{P}$, and [$n = (\bar{F}_1 - \bar{P}) / (\bar{F}_1 - \bar{F}_2)$] to predict number of inbreds included in the hybrid .

المقدمــة :

يعد الاهتمام ببرامج تربية وتحسين الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) من بين اهم الوسائل الهامة لإحداث زيادة معنوية في كمية حاصل الحبوب ونوعيتها . ان اعتماد برامج تربية النبات في الذرة الصفراء تزيد الحاصل سنويا بمعدل 15 % ، وتقدر بانها حاليا زادت عبر السنوات من الحاصل بمعدل 50 % فيما تأتي النسبة الباقية من عمليات خدمة التربة و المحصول (8) . بدأت تربية الذرة الصفراء لانتاج الهجن في أوائل القرن العشرين بعدما نشر East و Shull عام 1908 بحوثهما عنها ، ومن مقترح Jones عام 1917 حول استخدام الهجن الثلاثية والزوجية لحل مشكلة قلة بذور (F_1) المحمولة على نباتات السلالات (12 و 28) . تفيد معادلات تقدير الصفات لافراد الجيل الثاني من الهجين لتحديد مدى إمكانية زراعة بذور الجيل الثاني ولا سيما في دول العالم الثالث التي يصعب عليها إنتاج الهجن أو حتى شراء بذورها العالية الثمن . أشار Wright (27) الى إن الصنف الناتج من تزاوج بين مجموعة من السلالات (n) سوف ينقص حاصله بمقدار (n\1) من قوة الهجين في الجيل الثاني و يعد هذا الباحث اول من وضع الاساس العلمي لدراسة تاثير عدد السلالات في الاصناف التركيبة ومنه انتقلت الفكرة الى باحثين اخرين يعملون على نباتات المحاصيل اذ كان الباحث يعمل على خنازير غينيا ، و المعادلة هي :

$[\ \bar{F}_2 = \bar{F}_1 - [(\bar{F}_1 - \bar{P}) / n\ ]$ ، إذ ان $\bar{F}_1$ = معدل الصفة للجيل الاول و $\bar{F}_2$ = معدل الصفة للجيل الثاني و $\bar{P}$ = معدل الصفة للاباء و n = عدد الآباء . ان المعادلة المذكورة تفيد في تحديد قيمة الصفة فيما اذا كان الهجين ناتجا من سلالتين أو أكثر . استنادا لذلك فانه باشتقاق المعادلة في حالة الهجن الفردية ، فان المعادلة تكون :($\bar{F}_2 = 0.5\ (\ \bar{F}_1 + \bar{P}$. إن القيمة (0.5) في طرف المعادلة يمكن الرمز لها بالرمز (χ) وعلينا اشتقاق معادلات جديدة من الهجن الناتجة من ثلاثة وأربعة وخمسة آباء وهكذا . عليه فان قيمة (χ) المستحصل عليها ستكون ثابتا نسبيا يختلف باختلاف الصفة و عدد آباء الهجين و نسبة قوة الهجين . لاجل تحقيق الهدف في معرفة قيمة (χ) في المعادلة المذكورة عند تغيير عدد آباء الهجن ، فقد زرعت بذور سلالات من الذرة الصفراء وأجري التضريب فيما بينها لإنتاج الهجن الثلاثية والزوجية ، كي تقارن القيم المحسوبة من صفات الهجين باعتماد قيمة (χ) مع المحسوبة على أساس معادلة Wright وذلك بهدف تسهيل عملية التنبؤ بالقيم المطلوبة في مكونات الهجين . ان التربية الداخلية هي عملية تزاوج بين افراد المجتمع الواحد المتقاربة وراثيا ، والتلقيح الذاتي هو الشكل الأقوى للتربية الداخلية . تستنبط السلالات في المحاصيل الخلطية التلقيح التي ليس لها مشاكل عدم توافق ذاتي مثل الذرة الصفراء من خلال التلقيح الذاتي مع الانتخاب لانتاج الهجن من تزاوجها مع بعضها (13 و 22) . هنالك ثلاثة مظاهر للقاعدة الوراثية في التدهور الوراثي و هي : نوع الفعل الجيني للتغلب بانواعه والتفوق (epistasis) بانواعه وعدد المواقع الجينية الحاكمة للصفة (4) ، وهي نفسها التي تعمل على قوة الهجين . يعتقد ان التدهور الوراثي نتيجة التربية الداخلية ناتج من تماثل وراثي عالٍ بسبب تجمع الجينات الضارة و التي تكون مخفية كليا او جزئيا من قبل الجين السائد (7) . عليه فان الانخفاض في معدل قيم الصفات الكمية نتيجة التزاوج الذاتي المستمر ، يسمى بالتدهور الوراثي و هو نتيجة للتربية الداخلية (2 و 9). تزيد التربية الداخلية من نسبة التماثل الوراثي للجينات كافة وهكذا يزداد تعبير الصفات المظهرية السيئة نتيجة لتلك الجينات ، فيصبح الانتخاب معها اكثر اهمية لاستبعاد الجينات الضارة من مجتمع السلالات النقية عن طريق استبعاد الافراد الضعيفة (6 و 14 و 23) ، وبذا فان زيادة التدهور الوراثي نتيجة التربية الداخلة ستؤدي الى مجتمع اكثر تماثلا بين افراده بسبب خسارة عدم التماثل الوراثي في معظم المواقع الجينية (5 و 21) . ان عدد المواقع الجينية وتوزيع تاثيراتها يؤثر في طبيعة انظمة التزاوج ونسبة التوريث اللذين سيحدثان في المجتمع (3 و 15 و 26) ، وهي بذلك مرتبطة بنسبة قوة الهجين وبمعدلات $\bar{F}_2$ الناتجة من تزاوج افراد ذلك الهجين ، ذاتياً او خلطياً . تختلف نسبة التدهور الوراثي نتيجة التربية الداخلية باختلاف القاعدة الوراثية ، إذ ان المجتمع الممتلك لقاعدة وراثية واسعة يميل لاظهار نسبة تدهور وراثي اعلى بالمقارنة مع مجتمع بقاعدة وراثية ضيقة (17 و19 و 25) . وجد Pacheco واخرون (20) ان مجتمعات

بعض التراكيب الوراثيــة التي تمتاز بقاعدة وراثية واسعة اظهرت تدهوراً وراثياً نتيجة التربية الداخلية بلغ 50% من قيم صفاتها الكمية بالمقارنة مع تراكيب وراثية اخرى ذات قاعدة وراثية ضيقة اظهرت تدهورا وراثيا اقل .

المواد و الطرائق

طبقت التجربة في حقل تجارب قسم علوم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة \ أبو غريب \جامعة بغداد للموسمين الربيعي والخريفي 2009 و 2010 . استخدمت عشر سلالات من الذرة الصفراء وهي HS وCA21R و Zm43W و Zm49W و Zm12W و Zm19R و CA17R و Zm51W و 607 – Zp و B73 . أجريت كافة عمليات خدمة التربة من حراثة الارض والتنعيم والتقسيم وكذلك تم اجراء كافة عمليات خدمة المحصول كالري والتسميد والخف والتعشيب ومكافحة حشرة حفار ساق الذرة (*Sesamia criteica*) بحسب الحاجة .

الموسم الربيعي 2009

زرعت بذور السلالات في 10 آذار في جور على خطوط (20 x 90 سم) بواقع خطين لكل سلالة . تم اجراء التضريب بين السلالات ، وبذلك تم الحصول على عدة هجن فردية و تم اختيار عشرة هجن منها من ذات البذور الكافية لإنتاج الهجن الثلاثية و الزوجية منها . كما تم إجراء التلقيح الذاتي لعدد من نباتات السلالات لغرض إكثارها وزراعتها مع الهجن الفردية في الموسم التالي .

الموسم الخريفي 2009

زرعت بذور الهجن الفردية التي تم الحصول عليها من الموسم السابق مع السلالات بتأريخ 28 تموز في جور وعلى خطوط بواقع خطين لكل تركيب وراثي وبذات المسافات (20 x 90 سم) . تم التضريب بين الهجن الفردية بهدف الحصول على هجن زوجية وكذلك تم التضريب بين الهجن الفردية والسلالات بهدف الحصول على الهجن الثلاثية . تم إكثار بذور السلالات عن طريق التلقيح الذاتي لعدد من نباتاتها للاستفادة من بذورها في المواسم اللاحقة .في نهاية الموسم تم الحصول على عدة هجن زوجية وثلاثية تم اختيار عشرة هجن زوجية وعشرة ثلاثية من ذات البذور الكافية لاستخدامها في البحث .

الموسم الربيعي 2010

زرعت بذور الهجن الزوجية والثلاثية التي تم الحصول عليها من الموسم السابق بتأريخ 26 آذار في جور على خطوط بواقع خطين لكل تركيب وراثي . تم التلقيح الذاتي لنباتات كل تركيب وراثي بهدف الحصول على بذور الجيل الثاني (F2) للهجن الزوجية والثلاثية لزراعتها في الموسم التالي وعدم تركها للتلقيح العشوائي خشية أن تتلقح بمواد وراثية أخرى تؤثر في تغاير الجيل الناتج . جمعت بذور F_2 الناتجة من التراكيب الوراثية المزروعة ، وجففت وحفظت للزراعة في الموسم اللاحق .

الموسم الخريفي 2010

زرعت بذور الهجن الثلاثية و الزوجية للجيلين الأول والثاني مع آبائها بتأريخ 8 آب في جور على خطوط (20 x 75 سم) بهدف تقييم بعض صفات الهجن وآبائها وانعزالاتها (F_2) . تم توزيع المعاملات بحسب تصميم القطاعات الكاملة المعشاة لضمان عشوائية التوزيع للمعاملات و بأربعة مكررات . عند اكتمال التزهير الانثوي أخذت عشرة نباتات محروسة من كل وحدة تجريبية لقياس المساحة الورقية وذلك طبقا لما ذكره Elsahookie (11) (مربع طول الورقة لتحت ورقة العرنوص الرئيسي x 0.75) .

قطعت عشوائياً عشرة نباتات محروسة من كل وحدة تجريبية من عند سطح التربة وقطعت الى اجزاء صغيرة وجففت في فرن كهربائي على درجة حرارة 70 مئوي ولمدة 72 ساعة ثم وزنت . كذلك أخذت عرانيص النباتات العشرة وحسب فيها عدد صفوف العرنوص وعدد حبوبه و وزن الحبة ومعدل حاصل حبوب النبات معيراً على نسبة رطوبة 15 % (18) .

اشتقاق المعادلات لتقدير الثابت النسبي

تم اشتقاق معادلة الثابت النسبي من معادلة Wright لتقدير حاصل الصنف التركيبي وكما يلي :

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_1 - [(\bar{F}_1 - \bar{P}) /n] \quad ....(1)$$

ففي حالة الهجن الفردية ، عدد السلالات (n) = 2 تكون المعادلة : $\bar{F}_2 = F_1 - [\,(\bar{F}_1 - \bar{P})\,/2\,]$.......(2)

وبمعادلة طرف المعادلة الأيمن بجعل المقام = 2 تكون المعادلة : $\bar{F}_2 = (2\bar{F}_1 / 2) - [\,(\bar{F}_1 - \bar{P}) / 2\,]$

$\bar{F}_2 = (2\bar{F}_1 - \bar{F}_1 + \bar{P}) / 2\ ,\quad \bar{F}_2 = 0.5\,(\bar{F}_1 + \bar{P})$

ان هذه المعادلة مساوية لمعادلة Wright في حالة الهجن الفردية إلا إنهما لا تتساويان في حالة الهجن الثلاثية والزوجية وعليه يمكن التعويض عن القيمة (0.5) بالرمز (χ) باعتبارها ثابتاً نسبياً وتقدير قيمتها (χ) من خلال قيم صفات الهجن ثلاثية و الزوجية ($\bar{F}_1$) وجيلها الثاني ($\bar{F}_2$) و آبائها ($\bar{P}$) لتكون المعادلة المشتقة الآتي :

$\bar{F}_2 = \chi\,(\bar{F}_1 + \bar{P})$.........(3)

كما يمكن تقدير معدل الصفة للآباء بحسب عدد الآباء (n) بعد اشتقاق المعادلة (1) عندما تكون قيمة كل من $\bar{F}_1$ و $\bar{F}_2$ معلومة :

$\bar{P} = n\bar{F}_2 - (n - 1)\,\bar{F}_1$

n = 3 المعادلة تكون :............. $\bar{P} = 3\bar{F}_2 - 2\bar{F}_1$

n = 4 المعادلة تكون :............. $\bar{P} = 4\bar{F}_2 - 3\bar{F}_1$

يمكن اشتقاق المعادلات الخاصة بالتنبؤ بقيمة ($\bar{P}$) الداخلة في الهجين عندما تكون قيم (n) أكثر من أربعة آباء ،غير ان المعادلات الناتجة تحتاج الى التحقق بسبب اختلاف عامل الضرب بين $\bar{F}_1$ و $\bar{F}_2$ ، مما يجعل التنبؤ بالقيم المطلوبة بهذه المعادلات اقل دقة مع زيادة عدد الآباء ، و ذلك يحتاج إلى بحث آخر .

النتائج والمناقشة ..

تشير النتائج إلى عدم وجود فروق معنوية بين متوسطات الصفات لقيمة ($\bar{F}_2$) الفعلية و المحسوبة بمعادلة الثابت النسبي و المحسوبة بمعادلة Wright بحسب اختبار (t) (جدول1) ، وذلك لكل من وزن حبوب النبات و وزن الحبة وعدد حبوب العرنوص وعدد صفوف العرنوص ومجموع المادة الجافة والمساحة الورقية للنبات ، الا ان المساحة الورقية سجلت فرقا معنوياً بين ($\bar{F}_2$) المحسوبة بمعادلة Wright مع كل من ($\bar{F}_2$) الفعلية و ($\bar{F}_2$) المحسوبة بمعادلة الثابت النسبي و لذان لم يختلفا معنويا عن بعضهما ، وبذلك حققت معادلة الثابت النسبي تقدير تام لقيم ($\bar{F}_2$) للمساحة الورقية فيما فشلت معادلة Wright في تحقيق ذلك . اختلفت الهجن الثلاثية و الهجن الزوجية في قيمة الثابت النسبي (χ) للصفات المدروسة كافة (جدول2) ، حيث أعطت الهجن ثابتاً نسبياً مقداره (0.556) و (0.576) لوزن حبوب النبات و (0.516) و (0.521) لوزن الحبة و (0.554) و (0.571) لعدد حبوب العرنوص و (0.502) و (0.509) لصفوف العرنوص و (0.541) و (0.553) لمجموع المادة الجافة و (0.495) و (0.508) للمساحة الورقية وذلك للهجن الثلاثية والزوجية ، بالتتابع . قد يعود سبب اختلاف قيمة الثابت النسبي للصفة بين الهجن الثلاثية والهجن الزوجية إلى مقدار الانخفاض في نسبة قوة الهجين التي تختلف باختلاف عدد آباء الهجين (n) ، حيث ان قيمة $\bar{F}_2$ تنخفض بمقدار (1/n) من قوة الهجين عن معدل قيمة $\bar{F}_1$ كذلك فان الهجن الثلاثية ناتجة من تضريب سلالة مع هجين ، فيما تنتج الهجن الزوجية من تضريب هجين فردي مع اخر مثله (1 و 10) . كما ان قيم الثابت النسبي للهجين نفسه سواء كان ثلاثياً أو زوجياً ، اختلفت باختلاف الصفة . قد يكون سبب هذا الاختلاف مرتبط أيضاً بقوة الهجين والتي لا يمكن ان تظهر بسبب موقع جيني رئيسي واحد يؤثر في قوة الهجين لكافة صفات أفراد الهجين ، لان السلالات مختلفة والصفات متعددة ، كما ان تداخل المواقع الجينية مع عوامل البيئة يؤدي إلى ظهور درجات متفاوتة من قوة الهجين للمحاصيل المختلفة ، وبذا يمكن القول ان قوة الهجين قد تكون محكومة بعدد من مواقع الصفات الكمية (QTLs = Quantitative Trait Loci) الرئيسية الموجودة بين السلالات المتزاوجة . اما كيف تظهر قوة الهجين بحد ذاتها فهي لازالت قيد توقعات متباينة جدا حتى ولو تم تحديد نوع وعدد (QTL) المسؤول عن قوة الهجين ، لان الموقع الجيني الواحد ليس بالضرورة ان يكون مسؤولاً مباشرةً عن تفسير وظيفة الجين في قوة الهجين(24) .

ان ما يؤكد إمكانية استخدام معادلة الثابت النسبي لإيجاد قيمة الصفة في الجيل الثاني سواء كانت للهجن الزوجية او الثلاثية

هو معادلة Lamkey و Edwards (16) لتقدير قوة الهجين المتبقية في الجيل الثاني والتي تنص :

$$\bar{F}_{2\ heterosis} = 2\,\Delta^2 d = \bar{F}_2 - \bar{P}$$

إذ ان (Δ) تمثل نصف الفرق في الاليلين بين الآباء ، (d) معدل انحراف الهجين عن متوسط الأبوين ، فلو أخذنا متوسط $\bar{F}_2$ لوزن حبوب النبات للهجن الزوجية مع متوسط الاباء ($\bar{P}$) (جدول 1) ونطبق المعادلة المذكورة يكون لدينا :

$$\bar{F}_{2\ heterosis} = 144 - 83 = 61$$

و بتطبيق المعادلة لتقدير قيمة وزن حبوب النبات ($\bar{F}_2$) فان:

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_{2\ heterosis} + \bar{P} = 61 + 83 = 144$$

و إذا استخدمنا معادلة الثابت النسبي لتقدير قيمة ذات الصفة في ($\bar{F}_2$) نجد ان :

$$\bar{F}_2 = 0.576 \text{ x } (\bar{F}_1 + \bar{P}) = 0.576 \text{ x } (167 + 83)$$

$$\bar{F}_2 = 144$$

وهكذا يصح التقدير بالثابت النسبي المحسوب للصفات الأخرى المذكورة للتنبؤ بقيمة الصفة في ($\bar{F}_2$) . من جهة أخرى فان معرفة الثابت النسبي الذي تم استنباطه في هذا البحث تفيد في تقدير قيمة ($\bar{F}_1$) و ($\bar{P}$) للهجين و كذلك استخراج عدد الاباء (n) الداخلة في تركيب الهجين . لو أخذنا مثلا متوسط $\bar{F}_2$ لوزن حبوب النبات للهجن الثلاثية مع متوسط الآباء ($\bar{P}$) (جدول2) فيمكن تقدير قيمة ($\bar{F}_1$) بمعادلة الثابت النسبي الآتي :

$$\bar{F}_2 = 0.556 \text{ x } (\bar{F}_1 + \bar{P}) \;,\; \bar{F}_1 = (\bar{F}_2 / 0.556) - \bar{P}$$

$$\bar{F}_1 = (143 / 0.556) - 86 \;,\; \bar{F}_1 = 171$$

لو افترضنا في المثال السابق ان قيمة ($\bar{P}$) مجهولة فيمكن تقديرها بمعادلة الثابت النسبي الآتي :

$$\bar{P} = (\bar{F}_2 / 0.556) - \bar{F}_1 = (143 / 0.556) - 171$$

$$\bar{P} = 86$$

ولتقدير عدد الآباء (n) لنفس الهجين فان المعادلة ستكون الآتي :

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_1 - [(\bar{F}_1 - \bar{P})/n] \;,\; n = (\bar{F}_1 - \bar{P}) / (\bar{F}_1 - \bar{F}_2)$$

$$n = (171 - 86) / (171 - 143) = 3$$

وهكذا يمكن تطبيق معادلة الثابت النسبي على بقية الصفات لتقدير أي من مكونات المعادلة ، علماً انه يمكن ان يظهر عدد الآباء في الهجن الرباعية والخماسية بقيمة 3.9 أو 4.8 ، فتجبر إلى العدد الصحيح . هذا ولما كان التنبؤ دقيقاً لتحديد قيم $\bar{F}_2$ للهجن الثلاثية والزوجية باعتماد الثابت النسبي ، فانه والحالة هذه يمكن الإجابة على السؤال : ماذا عن قيم $\bar{F}_3$ ؟ . ان الذي يبدو من هذه البيانات في المعادلات المشتقة والمعتمدة سابقاً ان الجواب يمكن ان يكون $\bar{F}_3 \cong \bar{F}_2$ ، وذلك بالاستناد إلى قانون هاردي – واينبرك المعتمد عليه في ثبات حاصل الأصناف التركيبية من جيل لأخر ، مع ذلك فان ابحاثاً أخرى قد نكون بحاجة إليها مستقبلاً في هذا الجانب .

استناداً الى ما تم مناقشته ، فقد نجحت قيمة الثابت النسبي في تحقيق تقدير تام لقيمة ($\bar{F}_2$) لوزن حبوب النبات ووزن الحبة وعدد حبوب العرنوص و عدد صفوف العرنوص ومجموع المادة الجافة والمساحة الورقية لنباتات الهجن الثلاثية والزوجية ، وبذا فان المعادلة البسيطة المشتقة ستعطينا قيم $\bar{F}_2$ المتوقعة للصفات طالما لدينا معلومات عن $\bar{F}_1$ و n و $\bar{P}$ للهجن الثلاثية والزوجية . اقتربت القيم المقدرة للثابت النسبي لوزن حبوب النبات (0.556 و 0.576) وعدد حبوب العرنوص (0.554 و 0.571) من بعضها البعض في الهجن الثلاثية والزوجية ، بالتتابع وهذا يدل على ان عدد حبوب العرنوص او النبات هو أكثر ارتباطاً بحاصل النبات بالمقارنة مع باقي صفات النبات وذلك للهجن الثلاثية والزوجية . هذا ولم تحقق معادلة Wright تقديراً تاماً لقيمة ($\bar{F}_2$) المحسوبة بواسطتها للمساحة الورقية للنبات

استناداً لذلك يمكن اعتماد معادلة الثابت النسبي

[$\bar{F}_2 = \chi\,(\bar{F}_1 + \bar{P})$] لتقدير قيم $\bar{F}_2$ لوزن حبوب النبات و وزن الحبة وعدد حبوب العرنوص وعدد صفوف العرنوص ومجموع المادة الجافة و المساحة الورقية للنبات للهجن الثلاثية والزوجية طالما كانت لدينا قيم $\bar{F}_1$ و n و $\bar{P}$ في تلك الهجن . كذلك ، نوصي باعتماد المعادلة :

$\bar{P} = (\bar{F}_2 / \chi) - \bar{F}_1$ للتنبؤ بمعدل الصفة للآباء ، والمعادلة

[$n = (\bar{F}_1 - \bar{P}) / (\bar{F}_1 - \bar{F}_2)$] للتنبؤ بعدد الآباء الداخلة في ذلك الهجين ، و نوصي بإجراء دراسات تدخل فيها هجن ذات خمسة آباء فأكثر ولغاية عدد سلالات أفضل الأصناف التركيبية (16 سلالة مثلاً) لتقدير قيم الثابت النسبي لصفاتها ، وذلك لزيادة الاستفادة منها عند زراعة الأصناف التركيبية التي تعد ثابتة الحاصل من جيل لاخر بحسب قانون هاردي – واينبرك.

جدول 1 . قيم (t) لمقارنة متوسطات $\bar{F}_2$ الفعلي مع $\bar{F}_2$ المحسوب بمعادلة الثابت النسبي (I) و $\bar{F}_2$ الفعلي مع $\bar{F}_2$ المحسوب بالمعادلة التقليدية (II) و $\bar{F}_2$ المحسوب بمعادلة الثابت النسبي مع $\bar{F}_2$ المحسوب بالمعادلة التقليدية (III) .

الصفة	الهجن الثلاثية			الهجن الزوجية		
	I	II	III	I	II	III
وزن حبوب النبات (غم)	0.000	0.168	0.165	0.000	0.395	0.398
وزن الحبة (ملغم)	0.000	1.016	1.371	0.000	1.928	1.883
حبة للعرنوص	0.037	0.856	0.945	0.000	0.786	0.803
صف للعرنوص	0.140	1.235	1.386	0.078	0.971	0.604
مجموع المادة الجافة للنبات	0.000	0.136	0.139	0.000	1.553	1.244
المساحة الورقية للنبات	0.100	2.455	2.166	0.250	2.333	2.300
درجات الحرية (df)	18					

جدول 2 . متوسطات بعض صفات هجن الذرة الصفراء الثلاثية والزوجية للجيل الاول ($\bar{F}_1$) و معدل الاباء ($\bar{P}$) و الجيل الثاني($\bar{F}_2$) الفعلي و الثابت النسبي ومعدل ($\bar{F}_2$) المحسوب به ومعدل ($\bar{F}_2$) المحسوب بالمعادلة التقليدية *

نوع الهجين	الصفة	$\bar{F}_1$	$\bar{P}$	$\bar{F}_2$ **الفعلي**	**الثابت النسبي المحسوب**	$\bar{F}_2$ **بالثابت النسبي المحسوب**	$\bar{F}_2$ **بالمعادلة التقليدية**
ثلاثي	وزن حبوب النبات (غم)	171	86	143	0.556	143	144
	وزن الحبة (ملغم)	229	174	208	0.516	208	221
	حبة للعرنوص	754	494	691	0.554	692	668
	صف للعرنوص	16.58	14.85	15.75	0.502	15.77	16.00
	مجموع المادة الجافة للنبات	334	212	306	0.541	306	307
	المساحة الورقية للنبات	0.537	0.405	0.466	0.495	0.467	0.493

زوجي	وزن حبوب النبات (غم)	167	83	144	0.576	144	146
	وزن الحبة (ملغم)	225	174	207	0.521	207	212
	حبة للعرنوص	744	479	698	0.571	698	678
	صف للعرنوص	16.73	14.84	16.06	0.509	16.03	16.26
	مجموع المادة الجافة للنبات	346	207	306	0.553	306	312
	المساحة الورقية للنبات	0.515	0.398	0.465	0.508	0.463	0.486

*** يقصد بالمعادلة التقليدية معادلة Wright .**

المصادر ...

1. Allard , R. W. 1960 . Principles of Plant Breeding .John Wiley and Sons, Inc. N. Y. , London, Sydney , p. 305 - 362 .
2. Arnhold , E. , D. J. H. Silva , O. L. M. Filho and J. M. S. Vianna . 2007 . Inbreeding depression simulation in popcorn cultivars to estimate the effective population six for germplasm conservation. Crop Breed. and Biotechnology , 7 : 87 – 93 .
3. Barrett, S. C. and D. Charlesworth. 1991. Effects of a change in the level of inbreeding on the genetic load. Nature, 352: 522 -524 .
4. Carr , D. E. and M. R. Dudash. 2003. Recent approaches into the genetic basis of inbreeding depression in plants . Roy. Soc. Lond. , 358: 1071 – 1084 .
5. Charlesworth, D. and B. Charlesworth. 1990. Inbreeding depression with heterozygote advantage and its effect on selection for modifiers changing the outcrossing rate. Evolution, 44: 870 – 888 .
6. Charlesworth, D., M. T. Morgan and B. Charlesworth,. 1990. Inbreeding depression, genetic load, and the evolution of outcrossing rates in a multilocus system with no linkage. Evolution, 44: 1469 – 1489.
7. Davenport, C. B. 1908. Degeneration, albinism and inbreeding. In D. E. Carr and R. D. Michele . Recent Approaches into the Genetic Basis of Inbreeding Depression in Plants . Roy. Soc. Lond. , 358: 1071 – 1084
8. Duvick, D.N. 1999. Heterosis: Feeding people and protecting natural resources. In J.G. Coors and S. Pandey (edrs.). The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. CSSA, 677 South Segoe Rd., Mad., WI, USA, p. 19–30.
9. Edward , J. W. and K. R. Lamkey . 2002 . Quantitative genetics of inbreeding in synthetic maize population . Crop Sci., 42: 1094 – 1104 .
10. Elsahookie, M. M. , M. G. Ahmed and H. C. Ali . 1983 . Plant Breeding and Improvement . Coll. of Agric. Univ. of Baghdad Mosul Press, Iraq , p. 263 - 298 .
11. Elsahookie, M. M. 1985 . A shortcut method for estimating plant leaf area in maize . J. Agronomy and Crop Sci., 25:154 – 160.
12. Hallaeur, A. R. 1999 . Heterosis : What have we learned ? what have we done ? where are we headed ?. In T. G. Coors and S. Pandey (edrs.). The Genetic and Exploitation of Heterosis in Crops , CSSA, Mad., WI, p.483-492 .
13. Hallauer, A.R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. Maydica, 35: 1-16.
14. Hinze, L. L. and K. R. Lamkey . 2003. Absence of epistasis for grain yield in elite maize hybrids . Crop Sci., 43: 46 – 56.

15. Husband, B. C. and M. R. Schemske. 1996. Evolution of the magnitude and timing of inbreeding depression in plants. Evolution, 50: 54 – 70 .
16. Lamkey , K. R. and J. W. Edward . 1999 . Quantitative genetics of heterosis . In J. G. Coors and S. Pandey . The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops . CSSA, SSSA, 677 Soth Segoe Rd. , Mad., WI, USA, p. 31 – 41 .
17. Lima, M., J. B. Miranda Filho and P. B. Gallo. 1984. Inbreeding depression in Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). Maydica., 29 : 203 – 215 .
18. Lonnquist, J. H. and C. O. Gardner . 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures . Crop Sci., 1: 179 - 183
19. Pacheco, C. A. P., M. X. D. Santos, C. D. Cruz, S. N. Parentoni, P. E. O. Guimaraes, E. E. G. Gama, A. E. da Silva, H. W. L. de Carvalho and P. A. V. Junior. 2002 . Inbreeding depression of 28 maize elite open pollinated varieties . Genetics and Molecular Biology, 25(4): 441 – 448 .
20. Pacheco, C. A., C. D. Cruz, and M. X. Santos . 1999 . Association between Griffing’s diallel and the adaptability and stability analyses of Eberhart and Russell. Genetics and Molecular Biology, 22:451-456.
21. Ricci, G.C.L. , N. Silva , M.S. Pagliarini and C. A.Scapim . 2007 . Microsporogenesis in inbred line of popcorn (*Zea mays L.*) . Genet. Mol. Res., 6(4) : 1013 – 1018 .
22. Saleh , G. B. , M. R. Yusop and Y. T. Chai . 1993. Inbreeding depression and heterosis in sweet corn varieties manis madu and bakti-1 . Pertanika J. Trop. Agric. Sci., 16(3): 209-214.
23. Springer, N. M. and R. M. Stubar . 2007. Allelic variation and heterosis in maize : How do two halves make more than a whole ? . Cold Spring Harbor Laboratory Press, 17: 264 – 275 .
24. Stuber , C.W. 1999. Biochemistry, molecular and physiology of heterosis. In J. G. Coors and S. Pandey (edrs.) . The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops . CSSA, 677 South Segoe Rd., Mad., WI, USA, p. 173 -183 .
25. Vianna R. T., E. E. G. Gama, V. Naspolini, J. R. Moro and R. Vencovsky. 1982 . Inbreeding depression of several introduced populations of maize (*Zea mays* L.). Maydica, 27:151-157.
26. Willis, J. H. 1999. Inbreeding load, average dominance and the mutation rate for mildly deleterious alleles in *Mimulus guttatus*. Genetics, 153: 1885 – 1898 .
27. Wright, S. 1922 . The effects of inbreeding and cross breeding on guinea pigs . USDA Agric. Bull. 1121.
28. Xiao , J. L. , D. L. Yuan and S. D. Tanksley . 1995. Dominance is basis of heterosis in rice as revealed by QTL analysis using molecular markers. Genetics , 140: 745 - 754 .